

Docket No.: SUT-0232

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Shoichi Okamura et al.

Application No.: NEW APPLICATION

Confirmation No.: N/A

Filed: January 16, 2004

Art Unit: N/A

For: RADIOGRAPHIC APPARATUS

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2003-033389	February 12, 2003

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith. Applicant believes no fee is due with this response. However, if a fee is due, please charge our Deposit Account No. 18-0013, under Order No. SUT-0232 from which the undersigned is authorized to draw.

Dated: January 16, 2004

Respectfully submitted,

By 

David T. Nikaido

Registration No.: 22,663

Lee Cheng

Registration No.: 40,949

RADER, FISHMAN & GRAUER PLLC

1233 20th Street, N.W., Suite 501

Washington, DC 20036

(202) 955-3750

Attorney for Applicant

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月12日
Date of Application:

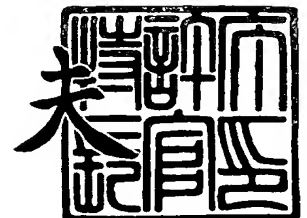
出願番号 特願2003-033389
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-033389]

出願人 株式会社島津製作所
Applicant(s):

2003年10月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3088533

【書類名】 特許願

【整理番号】 K1020662

【提出日】 平成15年 2月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 岡村 昇一

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 藤井 圭一

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 足立 晋

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 平澤 伸也

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 吉牟田 利典

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 田邊 晃一

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 貝野 正知

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 小山 博

【特許出願人】

【識別番号】 000001993

【氏名又は名称】 株式会社島津製作所

【代理人】

【識別番号】 100093056

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉谷 勉

【電話番号】 06-6363-3573

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 045768

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 放射線撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検体に向けて放射線を照射する放射線照射手段と、被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、前記放射線検出手段から放射線検出信号を所定のサンプリング時間間隔で取り出す信号サンプリング手段とを備え、被検体への放射線照射に伴って放射線検出手段からサンプリング時間間隔で出力される放射線検出信号に基づいて放射線画像が得られるように構成された放射線撮像装置において、サンプリング時間間隔で取り出される各放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を単数または減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして再帰的演算処理により各放射線検出信号から除去した遅れ除去放射線検出信号を求める時間遅れ除去手段を備え、かつ、時間遅れ除去手段で求めた遅れ除去放射線検出信号に基づいて放射線画像が取得されるように構成したことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の放射線撮像装置において、時間遅れ除去手段は放射線検出信号から時間遅れ分を除去する再帰的演算処理を式 A～C、

$$X_k = Y_k - \sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot [1 - \exp(-T_n)] \cdot \exp(-T_n) \cdot S_{nk}] \cdots A$$

$$T_n = -\Delta t / \tau_n \cdots B$$

$$S_{nk} = X_{k-1} + \exp(-T_n) \cdot S_{n(k-1)} \cdots C$$

但し、 Δt ：サンプリング時間間隔

k ：サンプリングした時系列内の k 番目の時点を示す添字

Y_k ： k 番目のサンプリング時点で取り出された放射線検出信号

X_k ： Y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去放射線検出信号

X_{k-1} ：一時点前の X_k

$S_{n(k-1)}$ ：一時点前の S_n

\exp ：指数関数

N ：インパルス応答を構成する時定数が異なる指数関数の個数

n ：インパルス応答を構成する指数関数の中の一つを示す添字

α_n ：指数関数 n の強度

τ_n : 指数関数 n の減衰時定数

により行うように構成したことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の放射線撮像装置において、信号サンプリング手段によるサンプリング時間間隔での放射線検出信号の取り出しが放射線を照射するより以前に開始されるとともに、時間遅れ除去手段による遅れ除去放射線検出信号を求める際に放射線を照射するより以前に取り出された放射線検出信号が用いられるように構成したことを特徴とする放射線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、放射線照射手段による放射線の照射に伴って放射線検出手段から放射線検出信号が所定のサンプリング時間間隔で信号サンプリング手段によって取り出されるとともに、取り出された放射線検出信号に基づいて放射線画像が得られるように構成されている医用もしくは工業用の放射線撮像装置に係り、特に、放射線検出手段から取り出された放射線検出信号から放射線検出手段に起因する放射線検出信号の時間遅れを十分に除去するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

放射線撮像装置の代表的な装置のひとつであるで医用 X 線透視撮影装置において、最近、X 線管による X 線照射に伴って生じる被検体の X 線透過像を検出する X 線検出器として、半導体等を利用した極めて多数個の X 線検出素子を X 線検出面に縦横に配列したフラットパネル型 X 線検出器（以下、適宜「FPD」という）が用いられている。

【0003】

すなわち、X 線透視撮影装置では、X 線管による被検体への放射線照射に伴って FPD からサンプリング時間間隔で取り出される X 線画像 1 枚分の X 線検出信号に基づいて、サンプリング時間間隔毎の被検体の X 線透過像に対応する X 線画像が得られる構成がとられている。FPD を用いた場合、従来から用いられているイメージインテンシファイアなどに比べて、軽量で、かつ、複雑な検出歪みが

発生しないので、装置構造面や画像処理面で有利となる。

【0004】

しかしながら、FPDを用いた場合、FPDに起因する時間遅れによる悪影響がX線画像に現れるという問題がある。具体的には、FPDからX線検出信号を取り出すサンプリング時間間隔が短い場合、取り出し切れない信号の残りが時間遅れ分として次のX線検出信号に加わる。そのため、FPDから1秒間に30回のサンプリング時間間隔で画像1枚分のX線検出信号を取り出してX線画像を作成して動画表示する場合、時間遅れ分が前の画面に残像として現れ、画像のダブリを生じる、結果、動画像がボヤける等の不都合が生じる。

【0005】

このFPDの時間遅れ問題に対し、米国特許明細書第5249123号では、コンピュータ断層画像（CT画像）の取得の場合において、FPDからサンプリング時間間隔 Δt で取り出される放射線検出信号から時間遅れ分を演算処理で除去する技術が提案されている。

【0006】

すなわち、前記米国特許明細書では、サンプリング時間間隔で取り出される各放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を時間遅れ分が幾つかの指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして、放射線検出信号 y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去放射線検出信号 x_k とする演算処理を次式によって行っている。

【0007】

$$x_k = [y_k - \sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot [1 - \exp(-T_n)] \cdot \exp(-T_n) \cdot S_{nk}]] / \sum_{n=1}^N \beta_n$$

ここで、 $T_n = -\Delta t / \tau_n$, $S_{nk} = x_{k-1} + \exp(-T_n) \cdot S_{n(k-1)}$,

$$\beta_n = \alpha_n \cdot [1 - \exp(-T_n)]$$

但し、 Δt : サンプリング時間間隔

k : サンプリングした時系列内の k 番目の時点を示す添字

N : インパルス応答を構成する時定数が異なる指数関数の個数

n : インパルス応答を構成する指数関数の中の一つを示す添字

α_n : 指数関数 n の強度

τ_n : 指数関数 n の減衰時定数

【 0 0 0 8 】

しかしながら、発明者らが上記米国特許明細書が提案する演算処理技術を適用実施してみたところでは、時間遅れに起因するアーティファクトが回避されず、かつ、まともな X 線画像も得られないという結果しか得られず、F P D の時間遅れは解消されないことが確認された。（特許文献 1）

【 0 0 0 9 】

また、F P D の時間遅れ問題に対し、米国特許明細書第 5 5 1 7 5 4 4 号では、C T 画像の取得の場合において、F P D の時間遅れ分を 1 個の指数関数で近似するものとして X 線検出信号から時間遅れ分を演算処理で除去する技術が提案されている。しかし、発明者らが上記米国特許明細書が提案する演算処理技術を鋭意検討した結果、F P D の時間遅れ分を 1 個の指数関数で近似することは無理があり、やはり F P D の時間遅れは解消されないことが確認された。（特許文献 2）

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】

米国特許第 5 2 4 9 1 2 3 号（明細書中の数式および図面）

【 0 0 1 1 】

【特許文献 2】

米国特許第 5 5 1 7 5 4 4 号（明細書中のクレームおよび図面）

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、放射線検出手段から取り出された放射線検出信号から放射線検出手段に起因する放射線検出信号の時間遅れを十分に除去することができる放射線撮像装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、このような目的を達成するために、次のような構成をとる。

すなわち、請求項 1 に記載の放射線撮像装置は、被検体に向けて放射線を照射

する放射線照射手段と、被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、前記放射線検出手段から放射線検出信号を所定のサンプリング時間間隔で取り出す信号サンプリング手段とを備え、被検体への放射線照射に伴って放射線検出手段からサンプリング時間間隔で出力される放射線検出信号に基づいて放射線画像が得られるように構成された放射線撮像装置において、サンプリング時間間隔で取り出される各放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を単数または減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして再帰的演算処理により各放射線検出信号から除去した遅れ除去放射線検出信号を求める時間遅れ除去手段を備え、かつ、時間遅れ除去手段で求めた遅れ除去放射線検出信号に基づいて放射線画像が取得されるように構成したことを特徴とするものである。

【0014】

(作用・効果) 請求項1に記載の発明では、放射線照射手段による被検体への照射線に伴って放射線検出手段から所定のサンプリング時間間隔で出力される放射線検出信号を、時間遅れ除去手段が、オンタイム（リアルタイム）あるいはオフタイム（非リアルタイム）で各放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして再帰的演算処理される。つまり、各放射線検出信号から時間遅れ分を除去した遅れ除去放射線検出信号を求めるとともに、放射線画像が遅れ除去放射線検出信号にしたがって取得される。

【0015】

このように、請求項1に記載の発明によれば、時間遅れ除去手段による再帰的演算処理により放射線検出信号から時間遅れ分を除去して遅れ除去放射線検出信号を求める際、放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとするので、単独の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとする場合に比べ、求められた遅れ除去放射線検出信号は時間遅れ分が十分に除去されたものとなる。

【0016】

また、請求項2の発明は、請求項1に記載の放射線撮像装置において、時間遅

れ除去手段は放射線検出信号から時間遅れ分を除去する再帰的演算処理を式A～C、

$$X_k = Y_k - \sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot \{1 - \exp(T_n)\}] \cdot \exp(T_n) \cdot S_{nk} \cdots A$$

$$T_n = -\Delta t / \tau_n \cdots B$$

$$S_{nk} = X_{k-1} + \exp(T_n) \cdot S_{n(k-1)} \cdots C$$

但し、 Δt : サンプルング時間間隔

k : サンプルングした時系列内の k 番目の時点を示す添字

Y_k : k 番目のサンプルング時点で取り出された放射線検出信号

X_k : Y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去放射線検出信号

X_{k-1} : 一時点前の X_k

$S_{n(k-1)}$: 一時点前の S_n

\exp : 指数関数

N : インパルス応答を構成する時定数が異なる指数関数の個数

n : インパルス応答を構成する指数関数の中の一つを示す添字

α_n : 指数関数 n の強度

τ_n : 指数関数 n の減衰時定数

により行うように構成したことを特徴とするものである。

【0017】

(作用・効果) 請求項2に記載の発明によれば、式A～Cという簡潔な漸化式によって時間遅れ分を除去した遅れ除去放射線検出信号 X_k が速やかに求められる。すなわち、図7に示すように、時間 $t_0 \sim t_1$ の間、一定量の放射線が放射線検出手段に入射した場合、放射線検出手段に時間遅れがなければ、放射線検出信号は、図8に一点鎖線で示すように一定値となる。

【0018】

しかし、実際は放射線検出手段に時間遅れがあって、図8に斜線で示す時間遅れ分が加わるので、放射線検出信号 Y_k は図8中に実線で示すものとなる。しかしながら、請求項1の発明においては、式Aの2項の『 $\sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot \{1 - \exp(T_n)\}] \cdot \exp(T_n) \cdot S_{nk}$ 』が図8に斜線で示す時間遅れ分に該当し、これが放射線検出信号 Y_k から差し引かれるので、遅れ除去放射線検出信号 X_k は

図 8 に一点鎖線で示す時間遅れ分のないものとなる。

【0019】

なお、発明者らが検討したところ、米国特許明細書第 5249123 号に提案された式では、図 9 の実線で示す単に放射線検出信号の時間遅れ分のみが求まるだけで、図 9 の一点鎖線で示す時間遅れ分のない放射線検出信号が求まるわけではないことが確認されている。

【0020】

また、請求項 3 の発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載の放射線撮像装置において、信号サンプリング手段によるサンプリング時間間隔での放射線検出信号の取り出しが放射線を照射するより以前に開始されるとともに、時間遅れ除去手段による遅れ除去放射線検出信号を求める際に放射線を照射するより以前に取り出された放射線検出信号が用いられるように構成したことを特徴とするものである。

【0021】

(作用・効果) 請求項 3 に記載の発明によれば、時間遅れ除去手段による遅れ除去放射線検出信号を求めるのに放射線照射の以前に信号サンプリング手段で取り出し、この放射線検出信号を用いて行うことができる。その結果、放射線の照射開始時点から直ちに放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を除去した適正な遅れ除去放射線検出信号が求められる。

【0022】

本願発明は、次のような解決手段も開示している。

(1) 上記の請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の放射線撮像装置において、信号サンプリング手段がサンプリング時間間隔で放射線画像 1 枚分の放射線検出信号を連続的に取り出すとともに、時間遅れ除去手段がサンプリング時間間隔で放射線画像 1 枚分の放射線検出信号についての遅れ除去放射線検出信号を連続的に求め、かつ、この遅れ除去放射線検出信号に基づいてサンプリング時間間隔で放射線画像が連続的に取得されて動画表示されるように構成したことを特徴とする放射線撮像装置。

【0023】

上記（１）に記載の発明の放射線撮像装置によれば、各放射線画像には時間遅れがない画像となるので、前の画像のダブリによるボケのない鮮明な動画表示が可能となる。

【0024】

（２）前記（１）に記載の発明の放射線撮像装置において、遅れ除去放射線検出信号の算出および放射線画像の取得と動画表示がリアルタイムで行われるように構成したことを特徴とする放射線撮像装置。

【0025】

上記（２）に記載の発明によれば、リアルタイムに放射線画像の動画表示をすることができる。

【0026】

（３）上記請求項１ないし請求項４、あるいは前記発明（１）または（２）のいずれかに記載の放射線撮像装置において、放射線検出手段が半導体等を利用した極めて多数個の放射線検出素子を放射線検出面に縦横に配列したフラットパネル型Ｘ線検出器（以下、適宜「FPD」という）であることを特徴とする放射線撮像装置。

【0027】

上記（３）に記載の発明によれば、FPDのもつ放射線検出信号の時間遅れが時間遅れ除去手段により解消されるとともに、出力画像への複雑な検出歪みを除去することができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

<第１実施例>

この放射線撮像装置の実施例について図面を参照しながら詳しく説明する。

図１は第１実施例に係るＸ線透視撮影装置の全体構成を示すブロック図である。

【0029】

Ｘ線透視撮影装置は、図１に示すように、被検体Mに向けてＸ線を照射するＸ線管（放射線照射手段）１と、被検体Mを透過したＸ線を検出するFPD２（放

射線検出手段) と、F P D (フラットパネル型 X 線検出器) 2 から X 線検出信号 (放射線検出信号) を所定のサンプリング時間間隔 Δt でデジタル化して取り出す A/D 変換器 (信号サンプリング手段) 3 と、A/D 変換器 3 から出力される X 線検出信号に基づいて X 線画像を作成する検出信号処理部 4 と、検出信号処理部 4 で取得された X 線画像を表示する画像モニタ 5 とを備えている。つまり、被検体 M への X 線照射に伴って A/D 変換器 3 で F P D 2 から取り出される X 線検出信号に基づき X 線画像が取得されるとともに、取得された X 線画像が画像モニタ 5 の画面に映し出される構成となっている。以下、第 1 実施例装置の各部構成を具体的に説明する。

【0030】

X 線管 1 と F P D 2 は被検体 M を挟んで対向配置されていて、X 線管 1 は X 線撮影の際、X 線照射制御部 6 の制御を受けながら被検体 M にコーンビーム状の X 線を照射すると同時に、X 線照射に伴って生じる被検体 M の透過 X 線像が F P D 2 の X 線検出面に投影される配置関係となっている。

【0031】

X 線管 1 と F P D 2 のそれぞれは X 線管移動機構 7 および X 線検出器移動機構 8 によって被検体 M に沿って往復移動可能に構成されている。また、X 線管 1 と F P D 2 の移動に際しては、X 線管移動機構 7 および X 線検出器移動機構 8 が照射検出系移動制御部 9 の制御を受けて X 線の照射中心が F P D 2 の X 線検出面の中心に常に一致する状態が保たれるようにし、X 線管 1 と F P D 2 の対向配置を維持したままで一緒に移動させる構成となっている。もちろん X 線管 1 と F P D 2 が移動するにつれて被検体 M への X 線照射位置が変化することにより撮影位置が移動することになる。

【0032】

F P D 2 は、図 2 に示すように、被検体 M からの透過 X 線像が投影される X 線検出面に多数の X 線検出素子 2 a が被検体 M の体軸方向 X と体側方向 Y に沿って縦横に配列された構成となっている。例えば、縦 30 cm × 横 30 cm 程の広さの X 線検出面に X 線検出素子 2 a が縦 1024 × 横 1024 のマトリックスで縦横に配列されている。F P D 2 の各 X 線検出素子 2 a が検出信号処理部 4 で作成

される X 線画像の各画素と対応関係にあり、FPD 2 から取り出された X 線検出信号に基づいて検出信号処理部 4 で X 線検出面に投影された透過 X 線像に対応する X 線画像が作成される。

【0033】

A/D 変換器 3 は、X 線画像 1 枚分ずつの X 線検出信号をサンプリング時間間隔 Δt で連続的に取り出して、後段のメモリ部 10 で X 線画像作成用の X 線検出信号を記憶するとともに、X 線検出信号のサンプリング動作（取り出し）を X 線照射の以前（オフセット状態）に開始するように構成されている。

【0034】

すなわち、図 3 に示すように、サンプリング時間間隔 Δt で、その時点の透過 X 線像についての全 X 線検出信号が収集されてメモリ部 10 に次々に格納されてゆく。X 線を照射する以前の A/D 変換器 3 による X 線検出信号の取り出し開始は、オペレータの手動操作によって行われる構成でもよいし、X 線照射指示操作等と連動して自動的に行われる構成でもよい。

【0035】

また、第 1 実施例の X 線透視撮影装置は、図 1 に示すように、FPD 2 からサンプリング時間間隔で取り出される各 X 線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして再帰的演算処理により各 X 線検出信号から時間遅れ分を除去した遅れ除去 X 線検出信号を求める時間遅れ除去部 11 を備えている。

【0036】

すなわち、FPD 2 の場合、取り出し切れない信号の残りがあって、図 8 中に実線で示すように、X 線検出信号を取り出した後の残りが時間遅れ分（斜線部分）として含まれる。この時間遅れ分を時間遅れ除去部 11 で除去して時間遅れのない遅れ除去 X 線検出信号にするとともに、遅れ除去 X 線検出信号に基づいて検出信号処理部 4 で X 線検出面に投影された透過 X 線像に対応する X 線画像を作成する構成となっている。

【0037】

具体的に時間遅れ除去部 11 は、各 X 線検出信号から時間遅れ分を除去する再

帰的演算処理を次式A～Cを利用して行う。

$$X_k = Y_k - \sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot [1 - \exp(T_n)] \cdot \exp(T_n) \cdot S_{nk}] \cdots A$$

$$T_n = -\Delta t / \tau_n \cdots B$$

$$S_{nk} = X_{k-1} + \exp(T_n) \cdot S_{n(k-1)} \cdots C$$

但し、 Δt はサンプリング時間間隔、 k はサンプリングした時系列内の k 番目の時点を示す添字、 Y_k は k 番目のサンプリング時点に取り出されたX線検出信号、 X_k は Y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去X線検出信号、 X_{k-1} は一時点前の X_k 、 $S_{n(k-1)}$ は一時点前の S_n 、 \exp は指数関数、 N はインパルス応答を構成する時定数が異なる指数関数の個数、 n はインパルス応答を構成する指数関数の中の一つを示す添字、 α_n は指数関数 n の強度、 τ_n は指数関数 n の減衰時定数である。

【0038】

つまり、式Aの2項の『 $\sum_{n=1}^N [\alpha_n \cdot [1 - \exp(T_n)] \cdot \exp(T_n) \cdot S_{nk}]$ 』が時間遅れ分に該当するので、第1実施例装置では、時間遅れ分を除去した遅れ除去X線検出信号 X_k が式A～Cという簡潔な漸化式によって速やかに求められる。

【0039】

なお、第1実施例装置では、A/D変換器3や、検出信号処理部4、X線照射制御部6や照射検出系移動制御部9、時間遅れ除去部11は、操作部12から入力される指示やデータあるいはX線撮影の進行に従って主制御部13から送出される各種命令にしたがって制御・処理を実行する構成となっている。

【0040】

次に、上述の第1実施例装置を用いてX線撮影を実行する場合について、図面を参照しながら具体的に説明する。

図4は第1実施例装置によるX線撮影の手順を示すフローチャートである。

【0041】

〔ステップS1〕 X線未照射の状態（オフセット状態）でA/D変換器3がサンプリング時間間隔 Δt （ $= 1/30$ 秒）でFPD2からX線照射前のX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k を取り出し始めるとともに、取り出されたX線検出信

号がメモリ部10に記憶されてゆく。

【0042】

〔ステップS2〕 オペレータの設定によりX線が連続ないし断続的に被検体Mに照射されるのと平行して、サンプリング時間間隔 Δt でA/D変換器3によるX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k の取り出しとメモリ部10への記憶とが続けられる。

【0043】

〔ステップS3〕 X線照射が終了すれば次のステップS4に進み、X線照射が未了であればステップS2に戻る。

【0044】

〔ステップS4〕 メモリ部10から1回のサンプリングで収集したX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k を読み出す。

【0045】

〔ステップS5〕 時間遅れ除去部11が式A～Cによる再帰的演算処理を行って各X線検出信号 Y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去X線検出信号 X_k 、すなわち、画素値を求める。

【0046】

〔ステップS6〕 検出信号処理部4が1回のサンプリング分（X線画像1枚分）の遅れ除去X線検出信号 X_k に基づいてX線画像を作成する。

【0047】

〔ステップS7〕 作成したX線画像を画像モニタ5に表示する。

【0048】

〔ステップS8〕 メモリ部10に未処理のX線検出信号 Y_k が残っていれば、ステップS4に戻り、未処理のX線検出信号 Y_k が残っていなければ、X線撮影を終了する。

【0049】

なお、第1実施例装置では、X線画像1枚分のX線検出信号 Y_k に対する時間遅れ除去部11による遅れ除去X線検出信号 X_k の算出および検出信号処理部4によるX線画像の作成がサンプリング時間間隔 Δt （＝1/30秒）で行われる

。すなわち、1秒間にX線画像を30枚程度のスピードで次々と作成されるとともに、作成されたX線画像を連続表示することができるようにも構成されている。したがって、X線画像の動画表示が行える。

【0050】

実施例装置による動画表示の場合、個々のX線画像は時間遅れ分を除去した画像であるので、X線撮影中に撮影位置が移動した場合であっても、前の画像の残像によるダブりのない鮮明な動画表示を行える。

【0051】

次に、上記ステップS5の時間遅れ除去部11による再帰的演算処理のプロセスを具体的に説明する。

図5は第1実施例装置による時間遅れ除去の為の再帰的演算処理プロセスを示すフローチャートである。

【0052】

〔ステップQ1〕 $k=0$ とセットされて、式Aの $X_0=0$ 、式Cの $S_{n0}=0$ がX線照射前の初期値として全てセットされる。指数関数の数が3個 ($N=3$) の場合は、 S_{10} 、 S_{20} 、 S_{30} が全て0にセットされることになる。

【0053】

〔ステップQ2〕 式A、Cで $k=1$ とセットされる。式C、つまり $S_{n1}=X_0 + \exp(T_n) \cdot S_{n0}$ にしたがって S_{11} 、 S_{21} 、 S_{31} が求められ、さらに求められた S_{11} 、 S_{21} 、 S_{31} とX線検出信号 Y_1 が式Aに代入されることで遅れ除去X線検出信号 X_1 が求められる。

【0054】

〔ステップQ3〕 式A、Cで k を1だけ増加 ($k=k+1$) した後、続いて式Cに1時点前の X_{k-1} が代入されて S_{1k} 、 S_{2k} 、 S_{3k} が求められ、さらに求められた S_{1k} 、 S_{2k} 、 S_{3k} とX線検出信号 Y_k が式Aに代入されることで遅れ除去X線検出信号 X_k が求められる。

【0055】

〔ステップQ4〕 未処理のX線検出信号 Y_k があれば、ステップQ3に戻り、未処理のX線検出信号 Y_k がなければ、次のステップQ4に進む。

【0056】

〔ステップQ5〕 1回のサンプリング分（X線画像1枚分）の遅れ除去X線検出信号 X_k が求められ、1回のサンプリング分についての再帰的演算処理が終了となる。

【0057】

以上のように、第1実施例のX線透視撮影装置によれば、時間遅れ除去部11による再帰的演算処理によりX線検出信号から時間遅れ分を除去して遅れ除去X線検出信号を求める際、X線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとするので、単独の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとする場合に比べて求められた遅れ除去X線検出信号は時間遅れ分が十分に除去されたものとなる。

【0058】

また、第1実施例装置の場合、時間遅れ除去部11による遅れ除去X線検出信号を求めるには、X線照射以前（オフセット状態）にA/D変換器3で取り出されたX線検出信号を用いて行うことができる、結果、X線を照射した時点でX線検出信号に含まれる時間遅れ分を除去してX線を照射した時点から直ちに遅れ除去X線検出信号を適正に求めることができる。

【0059】

<第2実施例>

第2実施例装置ではX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k に対する時間遅れ除去部11による遅れ除去X線検出信号 X_k の算出および検出信号処理部4によるX線画像の作成が、サンプリング時間間隔 Δt （ $=1/30$ 秒）で行われる。

【0060】

すなわち、X線画像が1秒間にX30枚程度のスピードでリアルタイムに作成されるとともに、X線画像をリアルタイムで連続表示するように構成されている以外は、第1実施例と同一の構成・作用のものであるので、第1実施例と共通する点の説明は省略し、第1実施例と相違する点のみ説明する。

【0061】

この第2実施例装置を用いてX線撮影を実行する場合について、図面を参照し

ながら説明する。

図6は第2実施例装置によるX線撮影の手順を示すフローチャートである。

【0062】

〔ステップR1〕 X線未照射の状態（オフセット状態）でA/D変換器3がサンプリング時間間隔 Δt （ $=1/30$ 秒）でFPD2からX線照射前のX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k を取り出し始めるとともに、取り出されたX線検出信号がメモリ部10に記憶されてゆく。

【0063】

〔ステップR2〕 オペレータの設定によりX線が連続ないし断続的に被検体Mに照射されるのと平行して、サンプリング時間間隔 Δt でA/D変換器3によるX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k の取り出しとメモリ部10への記憶とが続けられる。

【0064】

〔ステップR3〕 メモリ部10から1回のサンプリングで収集したX線画像1枚分のX線検出信号 Y_k を読み出す。

【0065】

〔ステップR4〕 時間遅れ除去部11が式A～Cによる再帰的演算処理を行って各X線検出信号 Y_k から時間遅れ分を除去した遅れ除去X線検出信号 X_k 、すなわち、画素値を求める。

【0066】

〔ステップR5〕 検出信号処理部4が1回のサンプリング分（即ちX線画像1枚分）の遅れ除去X線検出信号 X_k に基づいてX線画像を作成する。

【0067】

〔ステップR6〕 作成したX線画像を画像モニタ5に直ちに表示する。

【0068】

〔ステップR7〕 X線照射が未了であればステップR2に戻り、X線照射が終了であれば、X線撮影を終了する。

【0069】

上述のように、第2実施例装置によれば、X線画像はサンプリング時間間隔 Δ

t ($=1/30$ 秒)、すなわち、1 秒間に X 線画像 30 枚ほどのスピードでリアルタイムに作成表示されるので、X 線画像をリアルタイムで動画表示することができる。

【0070】

本発明は、上記の実施例に限られるものではなく、以下のように変形実施することも可能である。

(1) 上記第 1, 第 2 実施例装置では、放射線検出手段が FPD であったが、本発明は、FPD 以外の X 線検出信号の時間遅れを生ずる放射線検出手段を用いた構成の装置にも用いることができる。

【0071】

(2) 上記第 1 実施例装置において、第 2 実施例装置のように、時間遅れ除去部 11 による遅れ除去 X 線検出信号 X_k の算出および検出信号処理部 4 による X 線画像の作成をリアルタイムでも行うことが選択可能な構成にしてもよい。

【0072】

(3) 上記第 1, 第 2 実施例装置は X 線透視撮影装置であったが、本発明は X 線 CT 装置のように X 線透視撮影装置以外のものにも適用できる。

【0073】

(4) 上記第 1, 第 2 実施例装置は、医用装置であったが、本発明は、医用に限らず、非破壊検査機器などの工業用装置にも適用することができる。

【0074】

(5) 上記第 1, 第 2 実施例装置は、放射線として X 線を用いる装置であったが、本発明は、X 線に限らず、X 線以外の放射線を用いる装置にも適用することができる。

【0075】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の放射線撮像装置によれば、時間遅れ除去手段による再帰的演算処理により放射線検出信号から時間遅れ分を除去して遅れ除去放射線検出信号を求める際、放射線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数が異なる複数個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとす

るので、単独の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとする場合に比べて求められた遅れ除去放射線検出信号は時間遅れ分が十分に除去されたものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施例の X 線透視撮影装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】

第 1 実施例装置に用いられている F P D の構成を示す平面図である。

【図 3】

第 1 実施例装置による X 線撮影の実行時の X 線検出信号のサンプリング状況を示す模式図である。

【図 4】

第 1 実施例装置による X 線撮影の手順を示すフローチャートである。

【図 5】

第 1 実施例装置における時間遅れ除去用の再帰的演算処理プロセスを示すフローチャートである。

【図 6】

第 2 実施例装置による X 線撮影の手順を示すフローチャートである。

【図 7】

X 線検出手段への放射線入射状況を示す図である。

【図 8】

放射線検出信号における時間遅れ状況を示す図である。

【図 9】

従来技術による放射線検出信号の時間遅れ除去結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 … X 線管（放射線照射手段）
- 2 … F P D（放射線検出手段）
- 3 … A/D変換器（信号サンプリング手段）
- 4 … 検出信号処理部

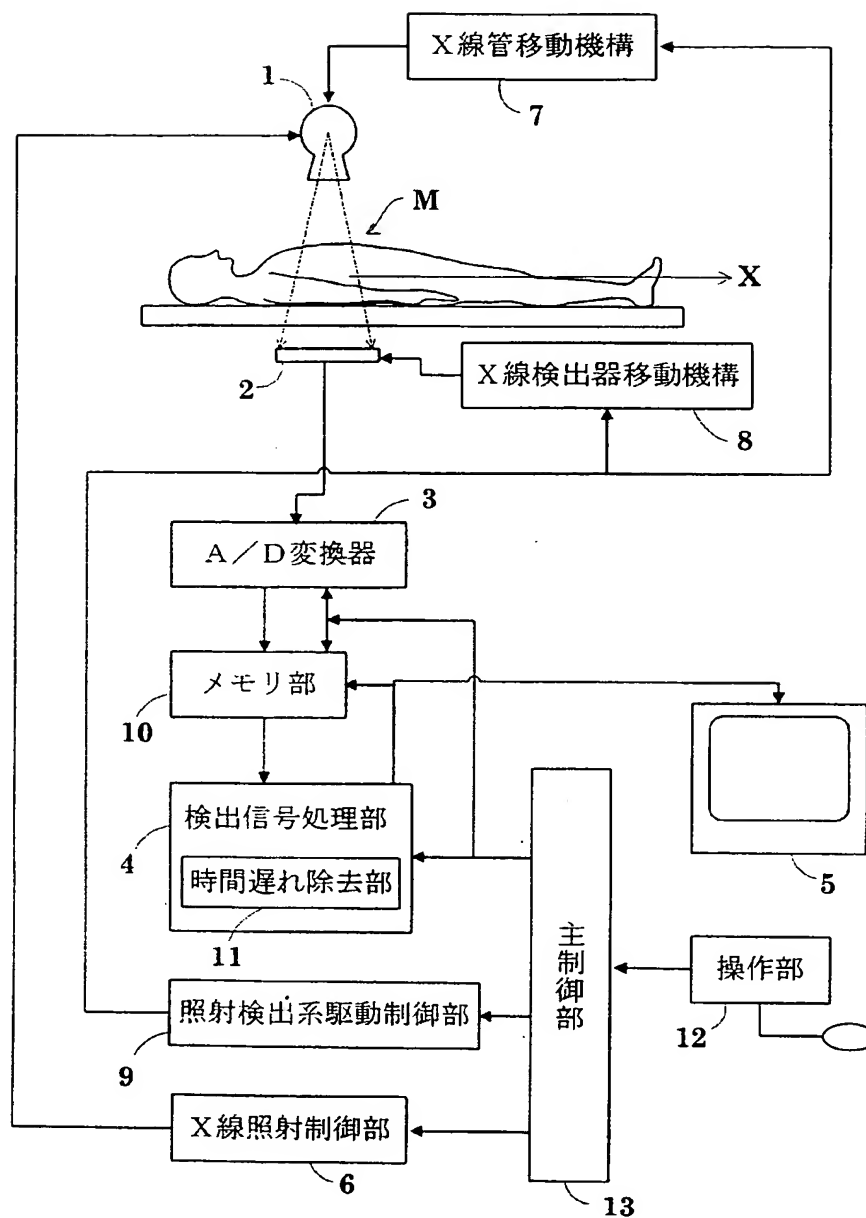
1 1 ... 時間遅れ除去部（時間遅れ除去手段）

M ... 被検体

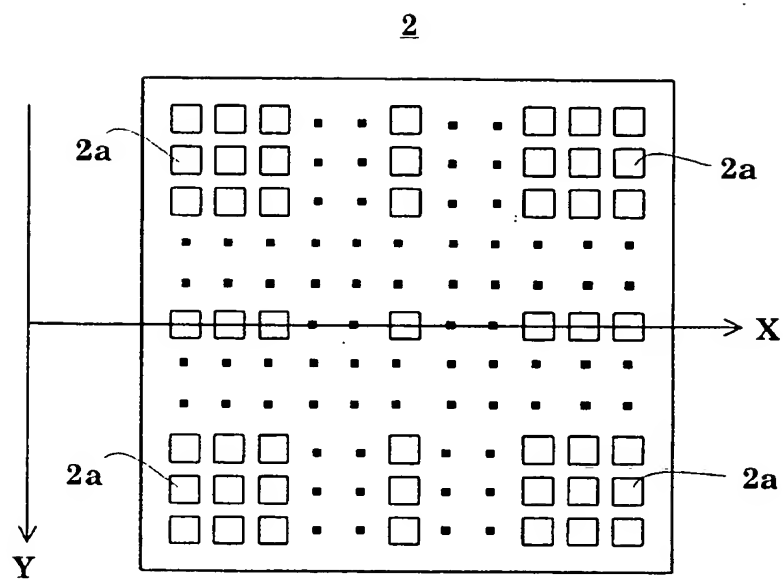
【書類名】

図面

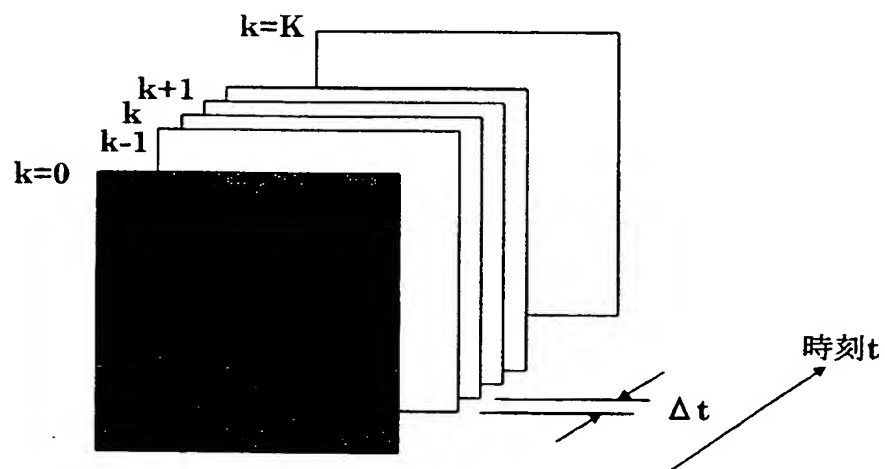
【図 1】



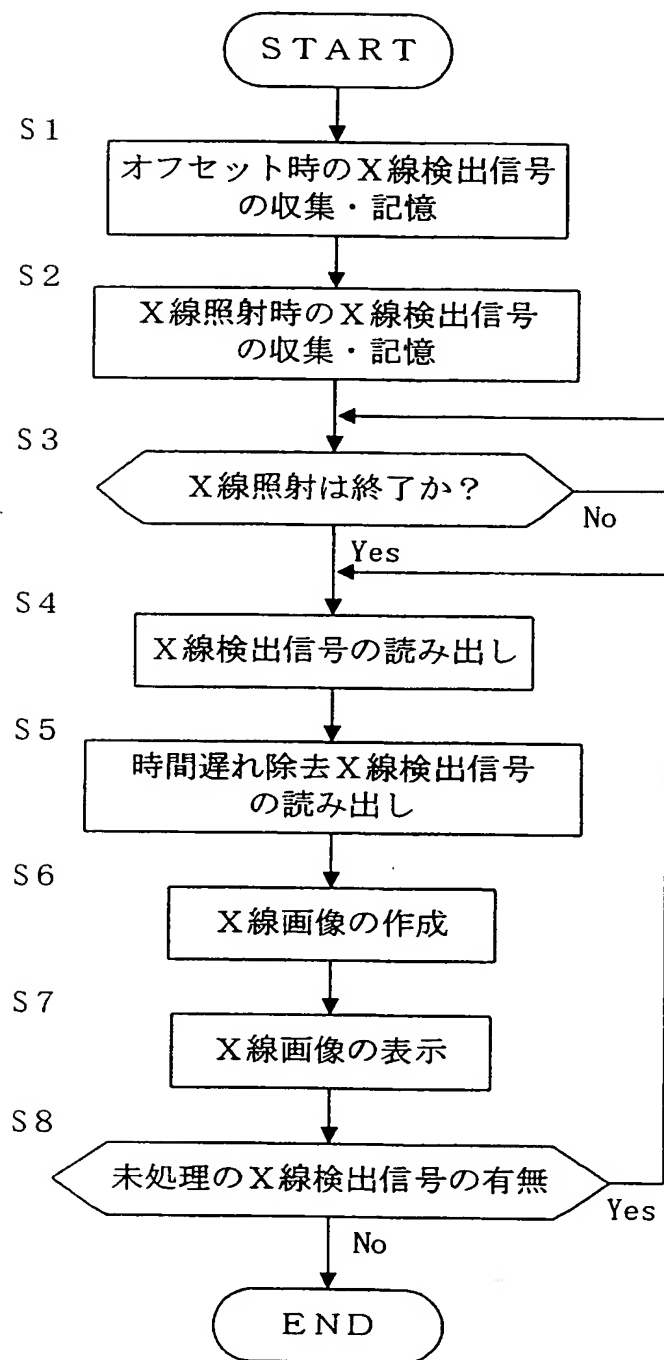
【図 2】



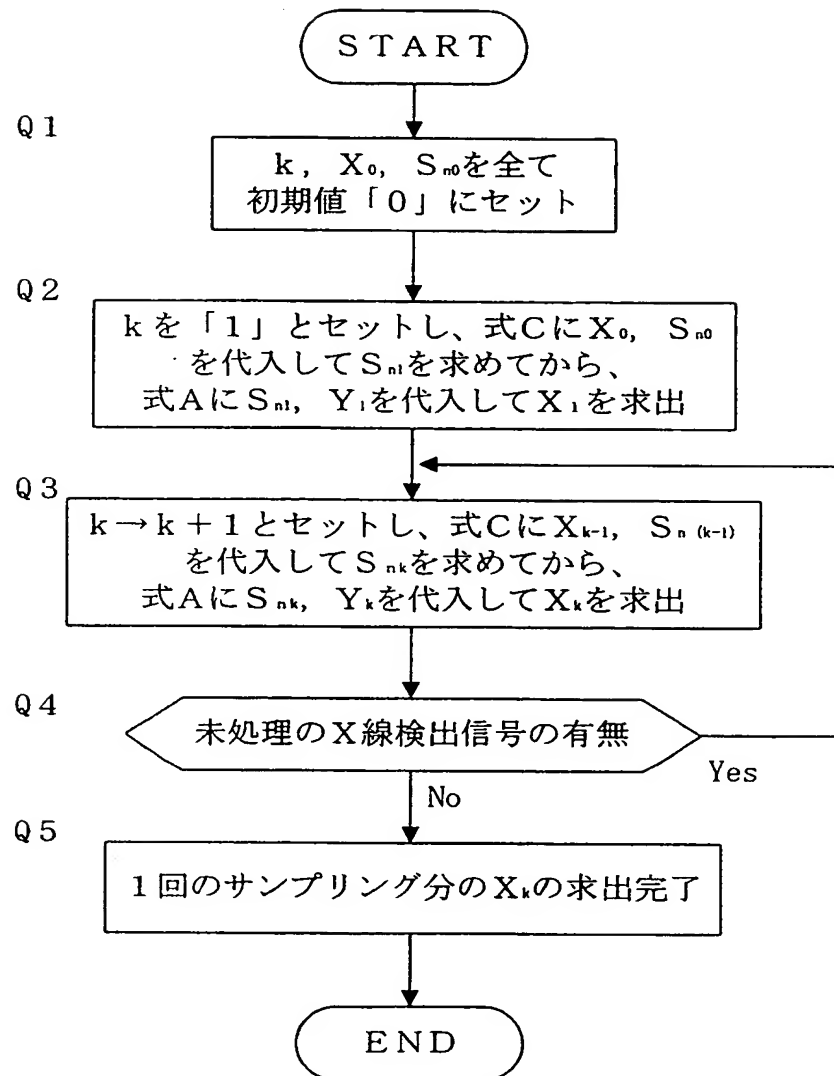
【図 3】



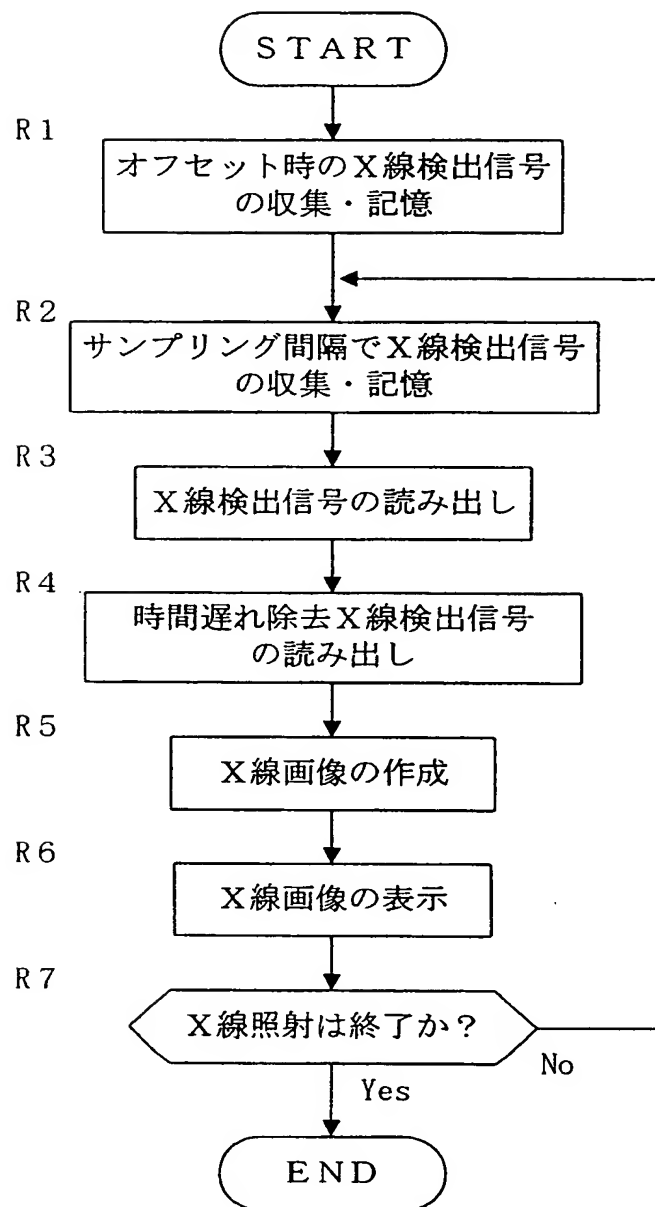
【図 4】



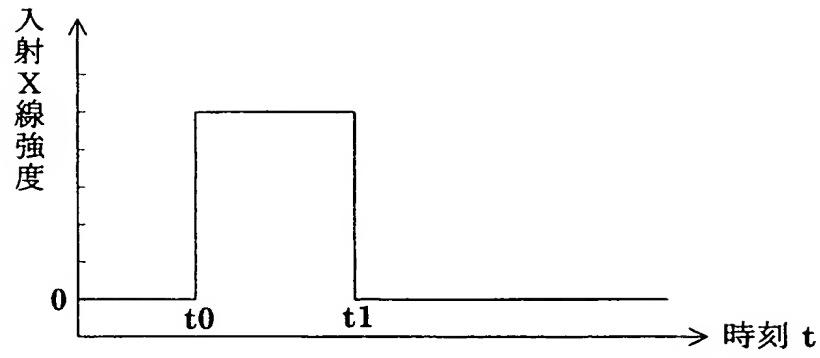
【図 5】



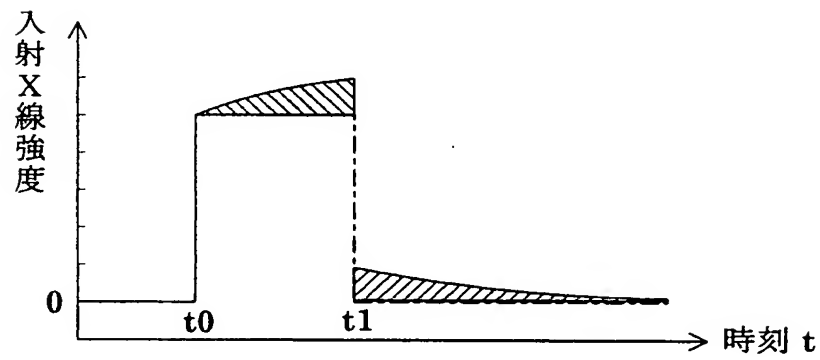
【図 6】



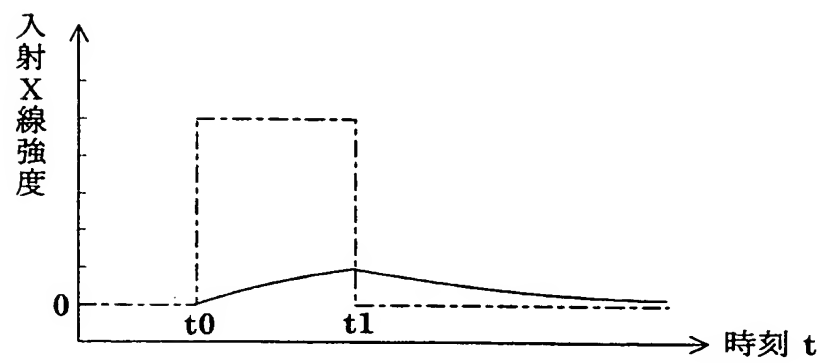
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 F P D から取り出した X 線検出信号の時間遅れを十分に除去する。

【解決手段】 この発明の放射線撮像装置は、X 線管 1 による X 線照射に伴って F P D 2 から取り出される X 線検出信号から時間遅れ分を除去した遅れ除去 X 線検出信号を時間遅れ除去部 1 1 で求出する際、X 線検出信号に含まれる時間遅れ分を減衰時定数の値が異なる強度の N 個の指数関数で構成されるインパルス応答によるものとして再帰的演算処理により行う。そして、この遅れ時間分を除去した X 線検出信号に基づいて X 線画像が作成される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 3 3 8 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 9 9 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地

氏 名

株式会社島津製作所